

## К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ВОЗРАСТА УЛЬТРАМАФИТОВ ПО ЦИРКОНАМ

Рыжков В.М.<sup>1,2</sup>, Червяковская М.В.<sup>3</sup>, Анфилов В.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс, ryzhkov\_v\_m@mail.ru

<sup>2</sup>Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), г. Миасс

<sup>3</sup>Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург, zaitseva.mv1991@gmail.com

Одной из важных нерешенных проблем геологии является проблема определения абсолютного возраста дунитов и возрастных этапов их эволюции. В последние годы выполнен ряд определений абсолютного возраста дунитов U-Pb методом по кристаллам циркона [Малич и др., 2009, 2012; Краснобаев и др., 2011; Аникина и др., 2012]. Однако при изучении дунитов возникают серьезные проблемы. Главной из них является отсутствие убедительных доказательств сингенетичности цирконов и содержащих их дунитов. Традиционно считается, что циркон является минералом кислых магматических пород, и равновесные с дунитом цирконы существовать не могут. В качестве альтернативы сингенетичности обычно предлагается вариант захвата древних цирконов из вмещающих пород в процессе движения гипербазитового диапира к поверхности. Решить эту проблему можно только экспериментальными методами, получив доказательства устойчивости циркона в дуните и в сопряженных с ним габбро и базальте при температурах, при которых происходит формирование этих пород.

Разработанный нами метод исследования устойчивости циркона позволил изучить процессы растворения, кристаллизации и распада циркона на бадделеит и кварц в дуните и в расплаве базальта при температурах 1200-1550 °C.

Опыты вели при атмосферном давлении при температурах 1200–1550 °C в дунитовых контейнерах размером 25×25×25 мм, которые помещали в тигель из оксида алюминия. Для предотвращения поступления

кислорода воздуха контейнер засыпали тонкодисперсным порошком  $Al_2O_3$ , который сверху засыпался слоем порошка графита, который, в свою очередь, перекрывался слоем тонкодисперсного маршалита, содержащего 98.5 %  $SiO_2$  и 1.5 %  $Al_2O_3$ . Обломки кристаллов циркона размером 1-2 мм помещались на дно отверстия в контейнере, и отверстие засыпалось порошком дунита фракции <0.35 мм. Опыты вели в печи ТК.15-1750.1Ф ОАО «Термокерамика». Нагревание и выдержка контейнера при заданной температуре в течение 2-х часов осуществлялось по заданной программе. Охлаждение контейнера происходило с произвольной скоростью. Температура опыта поддерживалась с точностью  $\pm 2$  °C [Анфилов и др., 2015].

После выдержки при температуре 1400 °C кристаллы циркона практически не изменились (рис. 1). На контакте циркона и оливина появились единичные редкие зерна бадделеита размером 4×10 мкм. При температуре 1450 °C и выше в зерне циркона начинает формироваться кайма, состоящая из зерен бадделеита и пироксена. После выдержки в течение 2-х часов при температуре 1550 °C дунит, засыпанный в отверстие контейнера, спекся, стал пористым и частично расплавился. Вокруг кристалла циркона образовалась кайма толщиной до 100 мкм, сложенная агрегатом из кристаллов пироксена и бадделеита.

Результаты изучения устойчивости циркона показали, что циркон в дуните устойчив до температуры 1450 °C. При более высокой температуре он замещается бадделеитом. В расплаве базальта

Таблица 1. U–Pb возраст цирконов из полевого шпата пегматитов Ильменских гор (проба K2090Fsp). Данные, полученные методом квадрупольной ИСП масс-спектрометрии. Анализы выполнены в ИГГ УрО РАН

Analysis	<sup>206</sup> Pb <sub>c</sub> ,%	Возраст		Изотопные отношения						RHO
		<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1σ	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	1σ	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	1σ	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1σ	
2090PS										
2090PS_1	н/о	248	10	0.052	0.008	0.28	0.05	0.039	0.002	0.25
2090PS_2	н/о	235	19	0.050	0.014	0.26	0.07	0.037	0.003	0.28
2090PS_3	н/о	272	25	0.051	0.015	0.30	0.09	0.043	0.004	0.31
2090PS_4	н/о	216	30	0.050	0.024	0.24	0.12	0.034	0.005	0.28
2090PS_5	н/о	229	14	0.052	0.011	0.26	0.06	0.036	0.002	0.29
2090PS_6	н/о	224	10	0.051	0.008	0.25	0.04	0.035	0.002	0.27

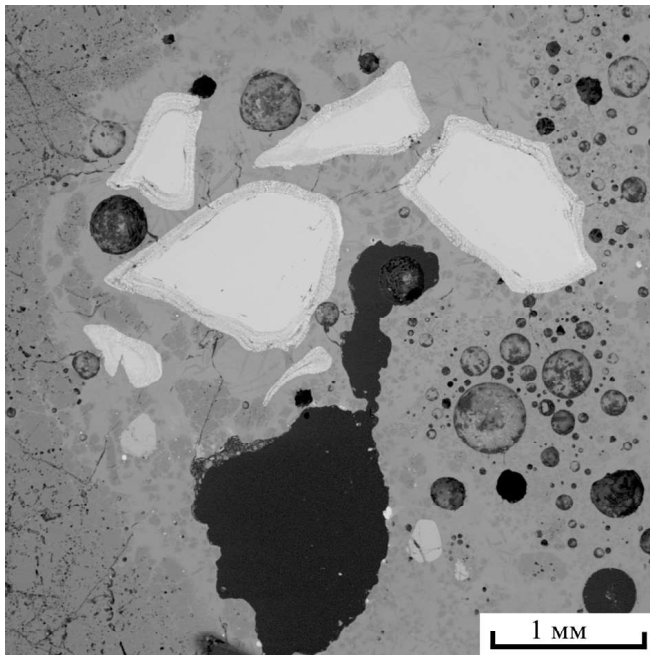


Рис. 1. Электронная фотография кристаллов циркона выдержанных в течении 2 час. в расплаве базальта при  $T = 1450\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Вокруг кристаллов образовалась кайма, состоящая из срастаний бадделеита и пироксена

циркон сохраняется при температуре  $1300\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При повышении температуры он также начинает замещаться бадделеитом. Эти исследования являются убедительным доказательством правомерности использования циркона для определения возраста ультрамафитов.

В настоящее время для определения возраста циркона наиболее точным методом определения

возраста, является метод SHRIMP. В связи с высокой стоимостью анализов, была рассмотрена возможность определения U-Pb возраста на квадрупольном масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой.

Были выполнены определения возраста цирконов (табл. 1) из полевого шпата пегматитов Ильменских гор методом квадрупольной масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (NexION 300s) с приставкой для лазерной абляции NWR 213. Полученные результаты были сопоставлены с данными, полученными по методике SHRIMP [Краснобаев и др., 2014] (табл. 2). Результаты этих методов удовлетворительно согласуются, что позволяет сделать вывод о том, что метод квадрупольной масс-спектрометрии является достойной альтернативой методике SHRIMP.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аникина Е.В., Краснобаев А.А., Русин А.И., Бушарина С.В., Капитонов И.Н., Лохов К.И. Изотопно- геохимические характеристики циркона из дунитов, клинопероксенитов и габбро платиноносного пояса Урала. // Доклады РАН. 2012. № 6. С. 711-715.
2. Анфилов В.Н., Краснобаев А.А., Рыжков В.М., Кабанова Л.Я., Вализер П.М., Блинов И.А. Устойчивость циркона в дуните при температурах  $1400\text{--}1550\text{ }^{\circ}\text{C}$ . // ДАН. 2015. Т. 464. № 3. С. 323-327.
3. Краснобаев А.А., Аникина Е.В., Русин А.И. Цирконология дунитов Нижнетагильского массива. // Доклады РАН. 2011. Т. 436. № 6. С. 809-813.

Таблица 2. U-Pb возраст цирконов из полевого шпата пегматитов Ильменских гор (проба K2090Fsp). Данные, полученные методикой SHRIMP

Анализ	<sup>206</sup> Pb <sub>c</sub> , %	Содержание, ppm			$\frac{^{232}\text{Th}}{^{238}\text{U}}$	Возраст, млн. лет (1) $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	D, %	Изотопные отношения (1)						Rho
		U	Th	<sup>206</sup> Pb*				<sup>207</sup> Pb*/ <sup>206</sup> Pb*, ±%	<sup>207</sup> Pb*/ <sup>235</sup> U, ±%	<sup>206</sup> Pb*/ <sup>238</sup> U, ±%				
К 2090PS														
K2090ps_3.1	0.00	5	222	0.139	48.2	216±9	+64	0.059	16	0.28	16	0.0340	4.4	0.3
K2090ps_7.1	--	12	1560	0.386	132.5	234±6	+77	0.072	15	0.37	15	0.0369	2.6	0.2
K2090ps_6.1	--	8	43	0.26	5.5	237±7	+77	0.072	12	0.37	12	0.0374	3.1	0.2
K2090ps_2.1	1.52	34	1972	1.11	59.1	238±6		0.025	125	0.13	125	0.0376	2.4	0.0
K2090ps_4.2	--	8	121	0.248	16.4	239±11	+168	0.040	21	0.21	21	0.0378	4.8	0.2
K2090ps_7.2	0.00	13	1546	0.421	123.2	239±8	+82	0.081	13	0.42	13	0.0378	3.6	0.3
K2090ps_4.1	1.28	40	390	1.31	10.2	244±5	+212	0.042	26	0.22	26	0.0385	2.0	0.1
K2090ps_5.1	--	21	903	0.715	45.0	254±5	+59	0.060	8	0.33	8	0.0402	2.1	0.3
K2090ps_1.1	0.00	1	260	0.0268	349.4	257±21	+89	0.128	25	0.72	26	0.0406	8.3	0.3
K2090ps_8.2	--	5	38	0.159	8.7	260±11	+77	0.075	22	0.42	22	0.0411	4.3	0.2
K2090ps_8.1	--	3	786	0.134	237.7	287±13	+76	0.078	25	0.49	25	0.0456	4.7	0.2

Примечания.  $\text{Pb}_c$  и  $\text{Pb}^*$  – общий и радиогенный свинец. (1) – коррекция по  $^{204}\text{Pb}$ . Rho – коэффициент коррекции. Ошибка калибровки стандарта пробы 0.33 %. Анализы выполнены в ЦИИ ВСЕГЕИ.

4. Краснобаев А.А., Вализер П.М., Анфилов В.Н., Немов А.Б., Бушарина С.В. Цирконология пегматитов ильменских гор. // Доклады РАН. 2014. Т. 457. № 4. С. 455-459.
5. Малич К.Н., Ефимов А.А., Баданина И.Ю. О возрасте дунитов кондерского массива (Алданская провинция, Россия): первые U-Pb – изотопные данные. // Доклады РАН. 2012. Т. 446. № 3. С.308-312.
6. Малич К.Н., Ефимов А.А., Ронкин Ю.Л. Архейский U-Pb изотопный возраст циркона дунитов Нижне- Тагильского массива (Платиноносный пояс Урала). // Доклады РАН. 2009. Т.427. №1. С. 101-105.